

ALÇAK GERİLİM PANO SİSTEMLERİNE UYGULANACAK SİSMİK TESTLER VE İLGİLİ IEC STANDARTLARI

Taner AKSOY

ABB Elektrik Sanayi A.Ş.
taner.aksoy@tr.abb.com

ÖZET

Ülkemizin özel coğrafi konumu itibarı ile ülke topraklarımızın yüzde 92'si deprem kuşağındadır. Deprem olmasını engellemek mümkün değildir ancak hepimiz, yıllar boyunca deprem ile yaşamayı ve onunla mücadele etmeyi öğrenmemiz gerektiğini ve binalarımız ve içerisindeki ekipmanlarımızın depreme dayanacak şekilde yapılması gerektiğini öğrendik. Bu kapsamda AG Pano sistemleri için IEC nin başta IEC 60068-3-3 *Environmental testing - Part 3: Guidance. Seismic test methods for equipment – (1991-02-28)* standardı bize yol göstermektedir. Bunun yanı sıra 1999 Marmara depreminden sonra başlatılan çalışmalar sonucunda 6 Mart 2006 tarihinde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Konulu Yönetmelik yayınlanmış ve 1 yıl sonra 3 Mayıs 2007 tarihinde de bu yönetmelikte değişiklikler yapılarak yürürlüğe sokulmuştur. Bu yönetmeliğin 2.11 numaralı maddesi altında mekanik ve elektrik donanımına etkiyen deprem yüklerinin nasıl hesaplanacağı açıkça anlatılmıştır.

GİRİŞ

Ülkemizin özel coğrafi konumu itibarı ile ülke topraklarımızın yüzde 92'si deprem kuşağındadır ve bunun da yüzde 66'lık bölümü 1. ve 2. derece deprem bölgesidir.

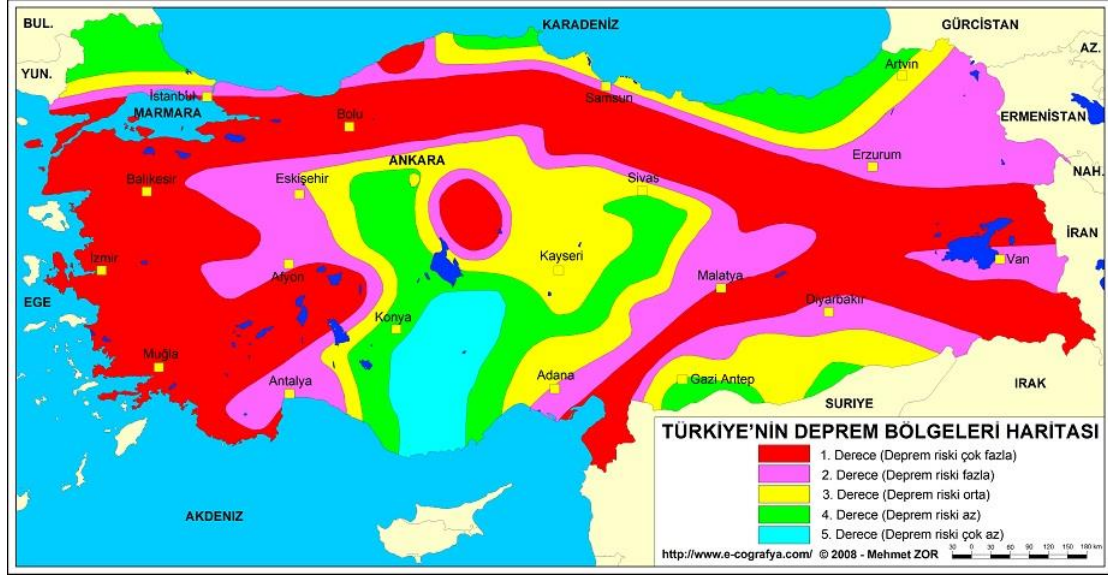
Aynı zamanda 1. ve 2. derece deprem bölgesinde ülke nüfusumuzun yüzde 70'ini ve kurulu büyük sanayi tesis potansiyelimizin de yüzde 75'ini barındırmaktadır.

Depremi gerçekleşmesini engellemek mümkün değildir ancak deprem ile yaşamayı ve onunla mücadele etmeyi öğrenmek ve binaların ve içerisindeki ekipmanların depreme dayanacak şekilde tasarlanmasını sağlamak bizlerin elindedir.

Binalarımız ve içerisindeki ekipmanların depreme dayanıp dayanmayacağını anlamının en güzel yolu onları depreme en yakın yöntemle test etmektir. Bu amaçla IEC birçok farklı test yöntemi ve standart yayınlamıştır.

Başlıcaları:

- IEC 60068-3-3 *Environmental testing - Part 3: Guidance. Seismic test methods for equipment – (1991-02-28)*
- IEC 60068-2-6 *Environmental testing - Part 2-6: Tests - Test Fc: Vibration (sinusoidal) – (2007-12-13)*
- IEC 60068-2-57 *Environmental testing - Part 2-57: Tests - Test Ff: Vibration - Time-history method – (1999-11-18)*
- IEC 60068-2-59 *Environmental testing. Part 2: Tests. Test Fe: Vibration - Sine-beat method – (1990-11-16)*
- IEC 60068-2-47 *Environmental testing - Part 2-47: Test - Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests - (2005-04-13)*



Şekil 1. Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası

Uygulamada birçok standart bulunmakta, ancak standartlar konusunda bir kafa karışıklığı olduğu açıktır. Özellikle IEC 60068-3-3'le IEC 60068-2-57 standartları birbirine karıştırılmaktadır. Aslında bunlar birbirinin tamamlayıcısı standartlardır. Genel olarak IEC 60068-3-3, sismik testin nasıl yapılacağı ile ilgili genel bilgileri veren ve metotları belirleyen standarttır. IEC 60068-2-6, sinüzoidal titreşimi tarif eder. Yani bir IEC 60068-3-3 ile yaptığımız ve sinüzoidal titreşim kullandığımız bir testin mutlaka bu iki standartla birlikte uyacağı anlamına gelir.

IEC 60068-2-57 ve IEC 60068-2-59 ise aslında IEC 60068-3-3 standardında tarif edilen test metotlarından birer tanesidir. Yani IEC 60068-2-57'ye veya IEC 60068-2-59'a göre test ettiğimiz bir pano, muhakkak ki IEC 60068-3-3 standardına da uygundur.

IEC60068-3-3 test için gerekli tüm bilgileri içermektedir:

Test Metotları (Sine sweep, sine-beat, time-history ve continuous sine),

Test Prosedürleri (İzlenecek adımlar teker teker belirtilmektedir),

Ölçüm Metotları (IEC 60068-2-6, IEC 60068-2-57 ve IEC 60068-2-59),

Performans Kriterleri ve Seviyeleri (Test eğrisi, yer ivmesi ve salınım farkansı gibi),

Montaj Şartları (IEC 60068-2-47 e göre zemine, duvara, yükseltilmiş döşemeye gibi) ve

Yeterlilik Kriterleri (3 farklı kriterin tam tanımı).

Test wave	Test type	
	Single-axis test	Multi-axis test
Sine sweep	a	c
Sine-beat	a	c
Time-history	b	a
Continuous sine	b	c

a = recommended
b = suitable
c = not normally recommended

Ground acceleration reference	Description of earthquake				
	General	a _g (m/s ²)	For information only		
			Richter scale magnitude	UBC zone ¹⁾	Intensity MSK ²⁾
AG2	Light to medium earthquakes	2	< 5.5	1-2	< VIII
AG3	Medium to strong earthquakes	3	5.5 to 7.0	3	VIII to IX
AG5	Strong to very strong earthquakes	5	> 7.0	4	> IX

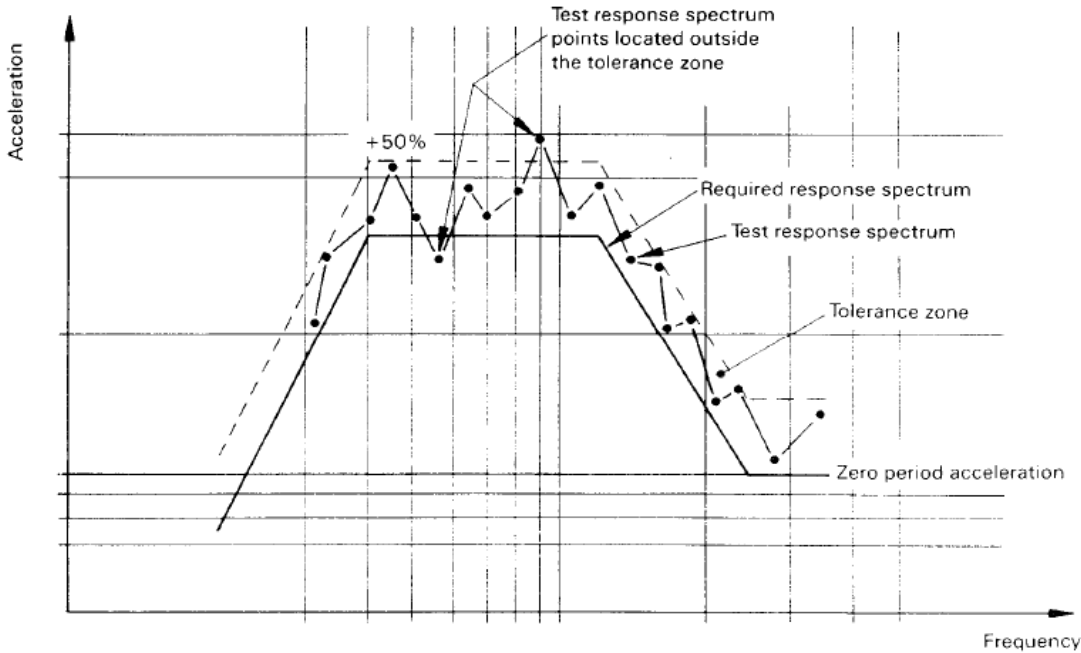
1) Approximate Uniform Building Code Zone (International Conference of Building Officials).
2) MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik corresponds to modified Mercalli intensity scale).
NOTE - From Figure 7b it can be seen that there are crossover frequencies at 1.6 Hz to constant amplitude of velocity and at 0.8 Hz to constant amplitude of displacement.

Şekil 2. IEC 60068-3-3'e göre test edilecek deprem seviyesine en uygun test yönteminin gösterildiği tablolar.

Örneğin sine sweep ve sine beat, özellikle tek yönlü masalar için uygundur. Bu ilk metodu genellikle panonun rezonans frekansını çıkartmak için kullanırlar.

IEC 60068-2-57 ve IEC 60068-2-59 Multi-axis testler için daha uygundur. Bu da

gerçek depremi simule etmek için daha yakın bir yöntem anlamına gelir. Yani sallama masası, panoyu 3 boyutlu veya 2 boyutlu olarak sallar. Deprem simülasyonu yapmak istiyorsak time history en uygun metotlardan biridir.



Şekil 3. IEC 60068-2-57'te verilen örnek "Respons Spectrumun"

IEC60068-2-57 metodunda en önemli nokta "Respons Spectrumun" belirlenmesidir. Respons spectrumun tepe değeri ve süresi ekipmanın rezonans frekansına bağlıdır.

ZPA (sıfır noktası ivmesi) en önemli nokta olup, deprem seviyesini belirtmektedir. Tepe noktasındaki ivme, panoyu en çok sallayan ona zarar veren nokta değildir,

ZPA sıfır noktası ivmesidir. Bu oldukça yaygın bir hatadır. Nasıl ki 400V luk bir gerilimden bahsederken tepe noktası anlaşılmazken efektif değeri anlaşılırken burada da ZPA ivmesi respons spectrumun efektif değeri gibi düşünülebilir.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Konulu Yönetmeliği içerisinde “respons spectrum” ve hesap

yöntemi açık bir şekilde bölge bölge verilmiştir.

“G kuvveti veya Richter ölçeğinin neye denk gelir. Biz bunları ne almalıyız” konusu sürekli olarak kafa karıştırmaktadır. Oysaki Deprem Yönetmeliği, bunu açık bir şekilde tarif etmiştir. Montaj şartları ve yeterlilik ilkeleri de bu standartta açık olarak belirtilmiştir.

Seismic Zone IEC 68-3-3	Scale of Richter Magnitude	Scale of Mercalli Intensity	Phenomena	Maximum acceleration (g)	Free energy (J)
AG5	1	9	Exceptionally catastrophic	1,53	$>10^{17}$
		8	Catastrophic	1,02	
		7	Very destructive	0,51-1,02	
AG3	2	IX	Destructive	0,2-0,5	$10^{14} - 5 \times 10^{16}$
		VIII	Demaging	0,12-0,2	
		VII	Very strong		
AG2	3	6	Strong		$10^{11} - 5 \times 10^{12}$
		5	Fairly strong		
		4	Not strong		
		III	Weak		$10^8 - 5 \times 10^9$
		II	Very weak		$5 \times 10^6 - 10^8$
	1	I	Registered by instrument		$< 5 \times 10^6$

Şekil 4. IEC 60068-3-3'te verilen sismik bölgelerin ve ivmelerin Rihter karşılıkları.

IEC'nin yanı sıra T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) tarafından da deprem ile ilgili çalışmalar yapılmış olup günümüze kadar 8 adet deprem yönetmeliği çıkartılmıştır.

- 1940 - *Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi,*
- 1944 - *Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi,*
- 1949 - *Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği,*
- 1953 - *Yer Sarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,*

- 1962 - 1968 - 1975 - 1998 - *ABYYHY (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik)*

Bu yönetmeliklerin en önemlilerinden birisi 1949 deprem yönetmeliğidir. Çünkü 1949 Deprem Yönetmeliğine kadar yürürlüğe giren deprem yönetmelikleri henüz betonarme binalardan tam olarak söz etmemişlerdir.

Betonarme binaların yaygın olarak kullanılmamasından dolayı bu yönetmeliklerde deprem hesabı ile ilgili çalışmalar bulunmamaktadır. İlk deprem hesabı çok basitte olsa 1949 Deprem Yönetmeliğinde mevcuttur. Daha sonraki

yönetmeliklerde deprem hesapları gittikçe ayrıntı kazanmıştır.

1999 Marmara depreminden sonra başlatılan çalışmalar sonucunda 6 Mart 2006 tarihinde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Konulu Yönetmelik yayınlanmış ve 1 yıl sonra 3 Mayıs 2007 tarihinde de bu yönetmelikte değişiklikler yapılarak yürürlüğe sokulmuştur.

Bu yönetmeliğin 2.11 numaralı maddesi altında mekanik ve elektrik donanımına etkiyen deprem yüklerinin nasıl hesaplanacağı açıkça anlatılmıştır. Madde 2.4.1 'de Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) Deprem bölgeleri göz önüne alınarak tanımlanmıştır.

1. Deprem bölgesi için A_0 0,40g,
2. Deprem bölgesi için A_0 0,30g,
3. Deprem bölgesi için A_0 0,20g
4. Deprem bölgesi için A_0 0,10g.

Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Tablo 1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Konulu Yönetmelik te verilmiş spektrum karakteristik periyotları tablosu.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 2. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Konulu Yönetmelik te verilmiş etkin ivme katsayısı tablosu.

Ayrıca, Madde 2.4.2'de de Bina Önem Katsayısı (I) binanın kullanım amacı veya türü göz önüne alınarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar

a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları)

b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar.

Bina Önem Katsayısı (I) :1,5

2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar

a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb.

b) Müzeler

Bina Önem Katsayısı (I) :1,4

3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar

Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.

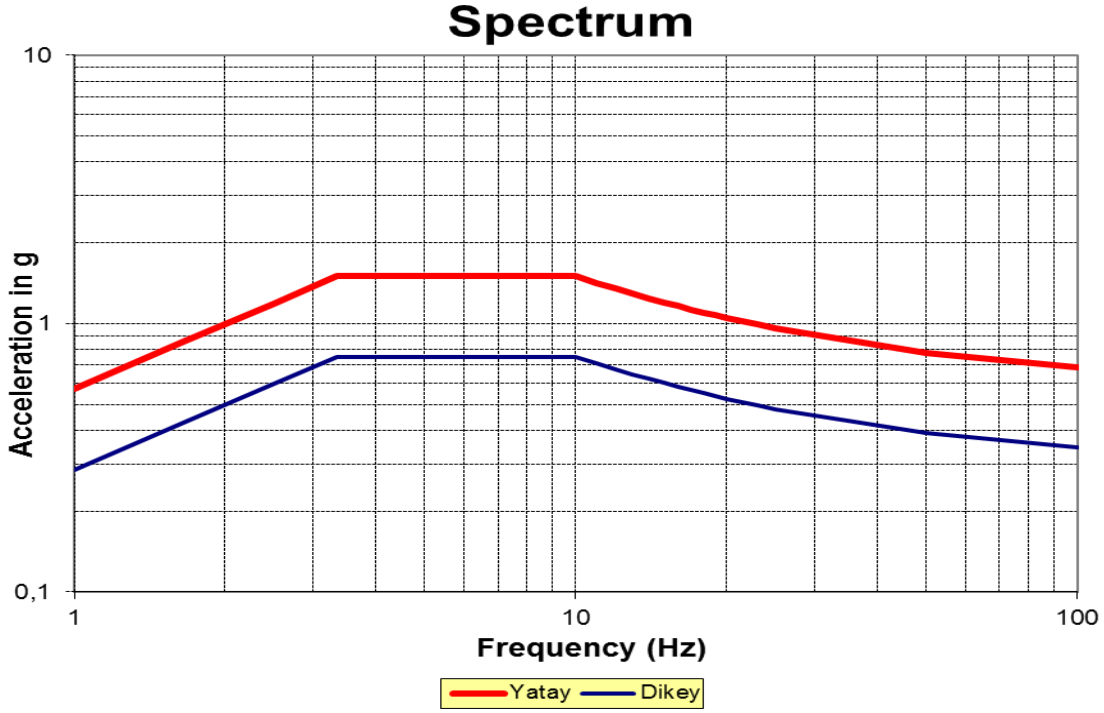
Bina Önem Katsayısı (I) :1,2

4. Diğer binalar

Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar

(Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)

Bina Önem Katsayısı (I) :1



Şekil 5. Teste sokulacak ekipman için örnek spektrum tablosu.

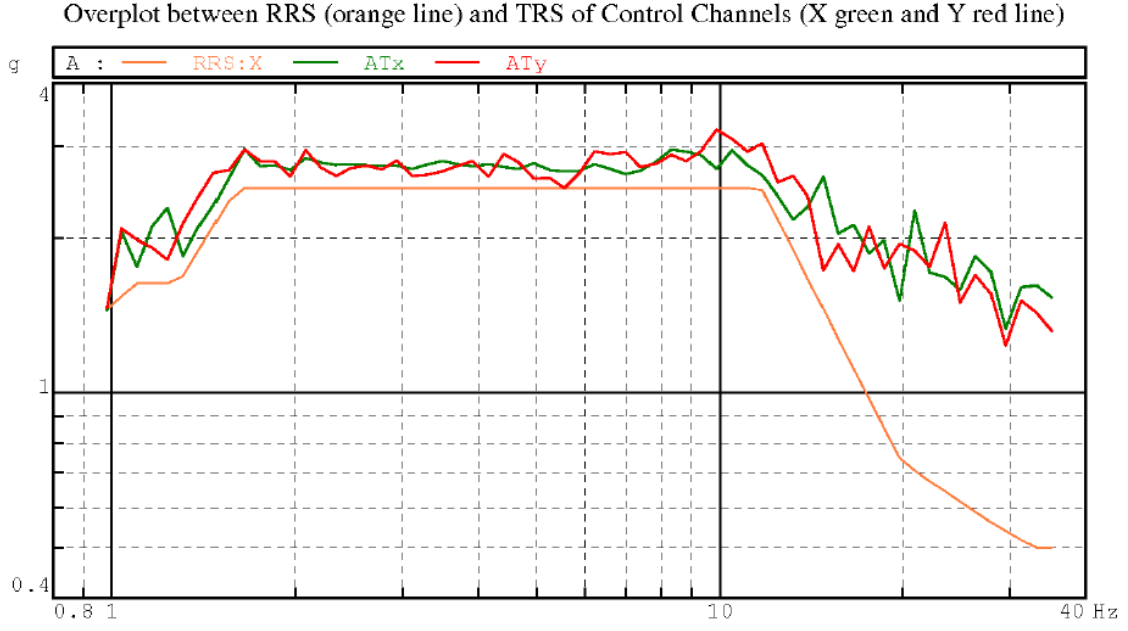
Sismik Test Adımları ve Önemli Noktalar

- Öncelikle yöntemle karar vermek gerekmektedir. Single-axis, mutli-axis sallama masası, bu neyi simüle etmek istediğinize bağlı olarak ta değişmektedir. Bir deprem simülasyonu da olabilir veya kamyon ile nakliye simülasyonu ya da uçak ile nakliye simülasyonu da olabilir. Örneğin AG Panoları için test, araçlarda kullanılan navigasyon cihazları için uygulanacak testten çok farklıdır.
- Sonra uygulanacak spectrum belirlenmeli, Türkiye uygulamaları için

TC Deprem yönetmeliğindeki spectrum alınmalıdır. Ekipmanın kullanılacağı deprem bölgesine ve uygulanacağı binanın önem katsayısına göre.

- Unutulmamalıdır ki bu bir tip test değildir, testin sonunda sertifika verilmemekte, testin istenen değerlere göre yapıldığını ve panoda bir hasarın oluşmadığına dair rapor verilmektedir.

Test Laboratuvarının amaca sadece istenen değerleri doğru bir şekilde panoya uygulamak ve panoyu belirtilen kriterlerde sallamaktır.



Şekil 6. Verilen spectrum doğrultusunda ekipmana uygulanan yatay ve dikey ivmeler.

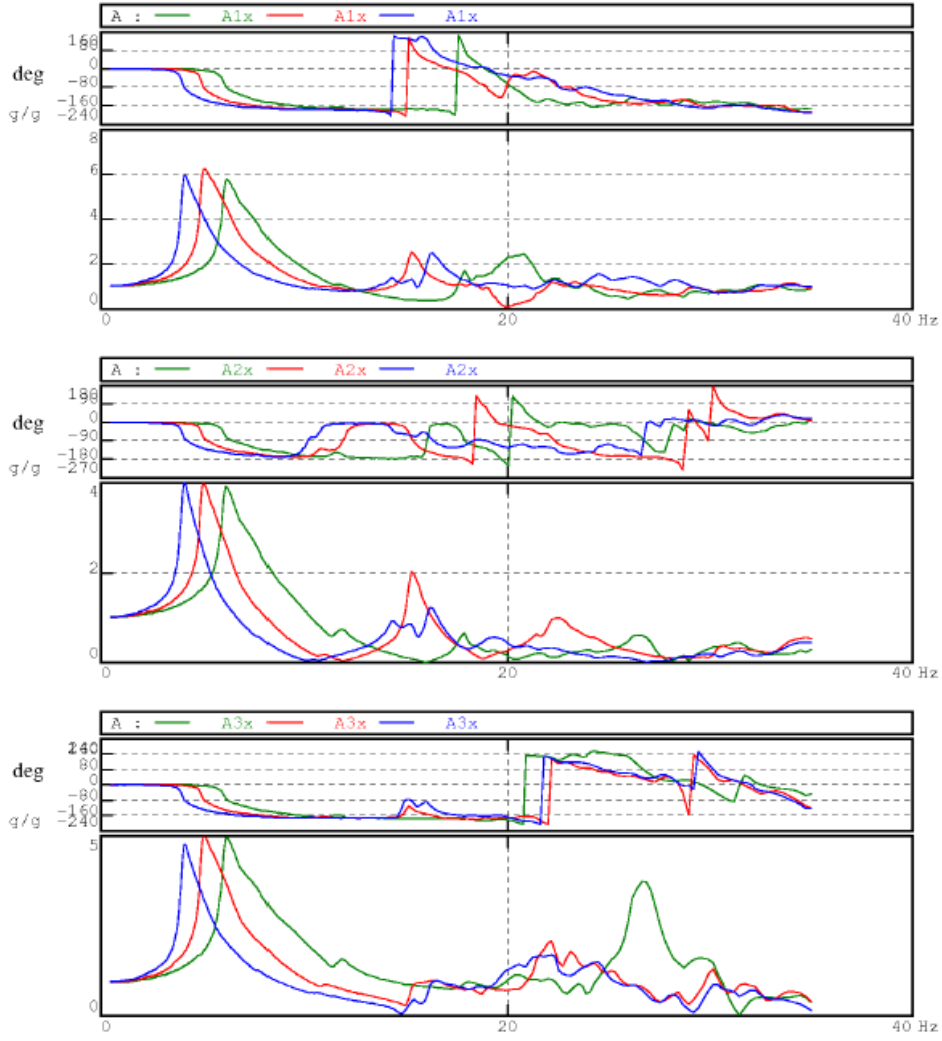
Rezonans test ile sağlamlık kontrolü;

Teste başlamadan ve test bitiminde rezonans testi yapılır. Böylece panonun salınımlara karşı davranışı belirlenmiş olur. Test sonunda 2 rezonans testinin sonuçları kıyaslanır. Aynı çıkarsa panoda bir hasar yok; farklı çıkarsa panoda bir hasar var anlamına gelir. Bu şekilde panoyu kırık ve

çatlakları görsel olarak taramaktan daha doğru bir sonuç alınmış olur.

Uygulama panoları ile test panoları aynı konfigürasyonda olmalıdır. Şalt ve bakır üzerinde olmalıdır. Ek destek elemanı kullanılmış ise belirtilmelidir. Cam kapı kullanılacaksa bu da test edilmeli ve açık bir şekilde belirtilmelidir.

Test n. 1 Test n. 9 Test n. 13



Şekil 7. Teste başlamadan ve test bitiminde uygulanan rezonans testlerin kıyaslanması.



Şekil 8. AG Panolarının test masasına yerleşimi.

SONUÇ

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Konulu Yönetmeliğinde verilmiş deprem bölgelerine göre etkin ivme katsayılarının yanı sıra, bina önem katsayılarının da hesaplamaya katılması asla unutulmamalıdır.

Ayrıca uygulama panoları ile test panoları aynı konfigürasyonda olmalıdır. Şalt ekipmanları ve bakır baralar üzerinde ve tam işlenmiş olmalıdır. Dayanıklılığı arttırmak için ek destek elemanı kullanılmış ise belirtilmelidir. Cam kapı kullanılacaksa bu da test edilmeli ve açık bir şekilde belirtilmelidir.

Deprem olmasını engellemek mümkün değildir ancak deprem ile yaşamayı ve onunla mücadele etmeyi öğrenmemiz gerektiğini ve binalarımız ve içerisindeki ekipmanlarımızın depreme dayanacak şekilde yapılması gerektiği asla unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. IEC 60068-3-3 Environmental testing - Part 3: Guidance. Seismic test methods for equipment
2. IEC 60068-2-6 Environmental testing - Part 2-6: Tests - Test Fc: Vibration (sinusoidal)
3. IEC 60068-2-57 Environmental testing - Part 2-57: Tests - Test Ff: Vibration - Time-history method
4. IEC 60068-2-59 Environmental testing. Part 2: Tests. Test Fe: Vibration - Sine-beat method
5. IEC 60068-2-47 Environmental testing - Part 2-47: Test - Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests
6. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar Konulu Yönetmelik